

CAPÍTULO 4

Elementos técnicos que contribuyen a la reducción de la vulnerabilidad

A continuación se presentan algunas recomendaciones para la implementación de las medidas de prevención y mitigación expuestas a lo largo del documento. Estas indicaciones no son restrictivas y su uso es variable de acuerdo a las condiciones y materiales disponibles localmente.

Cunetas de coronación

Las cunetas o zanjas de coronación son canales que se construyen para desviar el agua que se escurre sobre la superficie y consecuentemente para evitar la erosión del terreno, especialmente en zonas de mucha pendiente o donde se ha efectuado el corte del terreno para la instalación de alguna estructura (unidad de captación, reservorio, etc.).

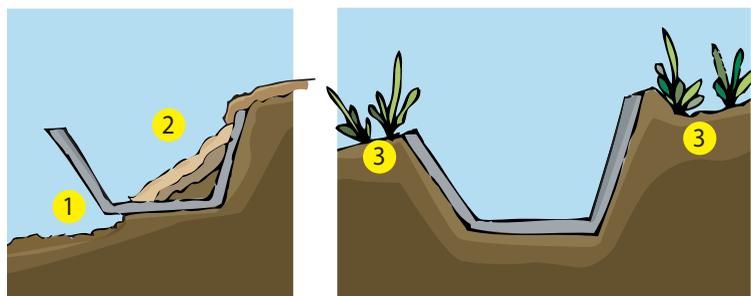


Figura 45
Erosión en cunetas de coronación

1) Erosión o asentamiento del terreno bajo la cuneta. **2)** Azolve de la cuneta por el arrastre de sedimentos. **3)** Medidas de reducción de la erosión: reforestación de los bordes de la cuneta con especies nativas de la zona.

- Normalmente son de forma rectangular, pero también pueden ser trapezoidales, si se requiere un mayor tamaño.
- Deben estar ubicadas en la parte superior del corte del terreno o alrededor de la estructura, en forma circular o recta (transversal a la escorrentía), según sea necesario.
- Es importante sembrar especies nativas a ambos lados de la cuneta (Fig. 45) para evitar que el agua erosione bajo la cuneta y ésta se azolve con sedimentos.
- Si la pendiente es mayor que 2 % (desnivel de 2 cm por cada metro de canal), es necesario que el canal tenga recubrimiento de concreto simple o enrocado. Para pendientes mayores, las zanjas deben ser escalonadas con emboquillado de piedra bajo la caída (Fig. 46).

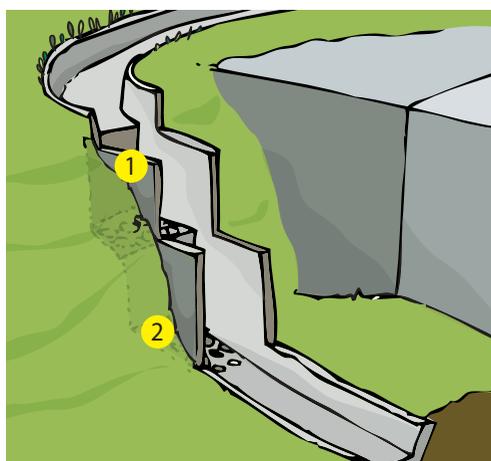


Figura 46
Cunetas de coronación

1) Cuneta de coronación escalonada. 2) Protección de emboquillado de piedra.

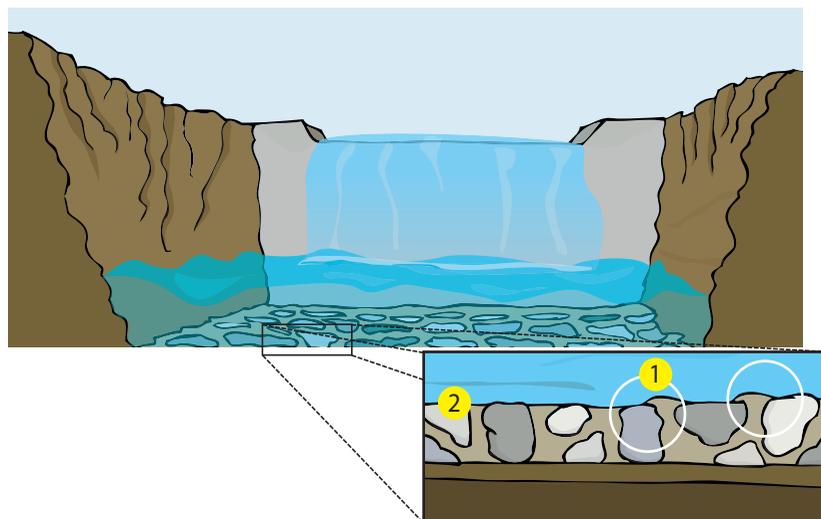
Emboquillados en piedra

Se refiere al recubrimiento de las superficies expuestas directamente a la caída del agua para evitar la erosión del suelo en ese punto. También se usan para evitar la erosión acelerada en el interior de las cunetas o sobre las superficies de escurrimiento.

- Las piedras pueden ser canto rodado o material de cantera (labrado o no). No es importante que tengan una forma específica, pero sí una superficie plana. Sus dimensiones deben estar alrededor de 10 ó 20 cm de diámetro.
- Las piedras deben ser duras, sin rajaduras ni otra imperfección que pudiera disminuir su resistencia. La densidad mínima será de 1,60 ton/m³.

- La superficie de las piedras debe estar libre de tierra arcilla o cualquier material extraño. Antes de colocarlas, deben lavarse y rechazar las piedras cuyos defectos no se remuevan con agua y cepillo.
- La colocación de las piedras se hará sobre la superficie de concreto y emboquillado con mortero.¹⁶ Las superficies planas deben ir hacia el exterior.
- La separación entre piedras no debe ser menor de 3 cm ni mayor de 5. Este espacio debe quedar completamente lleno con mortero, el cual debe penetrar como mínimo 1,5 cm debajo de la superficie.
- Se debe remover el mortero en exceso en la superficie y hacer coincidir con la superficie exterior de las piedras.

Figura 47
Emboquillado de piedra.
Reducción de la erosión
debido a la caída de agua



1) Mal emboquillado. El mortero sobresale de la superficie del emboquillado. 2) Buen emboquillado. La superficie exterior del emboquillado debe ser plana, al igual que los bordes de las rocas que lo conforman.

Gaviones¹⁷

Son estructuras flexibles de retención, simples de construir y mantener, y de menor costo que otras opciones (concreto). Pueden usarse para el control de la erosión en ríos y quebradas, y retención para la estabilización de terrenos deleznable. Son mallas de alambre llenas con piedras de canto rodado.

- La malla utilizada es de orificios hexagonales (menor a 10 cm), con uniones de triple torsión y alambre galvanizado con doble revestimiento electrolítico, resistente al empuje e intemperie.

¹⁶ El concreto tendrá las proporciones 1: 4.5 (cemento: arena gruesa) con una resistencia de 175 kg/cm². Proporciones del mortero para el emboquillado 1:3 (cemento: arena fina).

¹⁷ Una guía para la instalación de gaviones, paso a paso, se encuentra disponible en: www.lemac.com.mx/versioningles/folletos/gavion-folleto.pdf

- Las celdas son prismáticas, generalmente de 2 m x 1 m x 1 m y deben ser armadas en el sitio. El alambre de las costuras (esquinas y anclaje entre canastas) es de mayor diámetro que en la malla.
- Los gaviones necesitan una superficie plana para su apoyo. En el caso de estar ubicados en un cauce, las celdas de la base deben apoyarse por debajo de la base del mismo y luego de instalada rellenar los bordes para evitar la socavación.

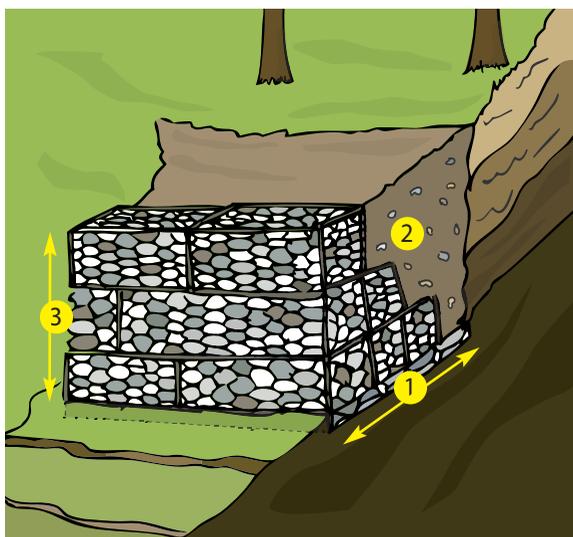


Figura 48
Celdas para muros de gaviones

1) Contrafuerte en la base de los gaviones. 2) Relleno entre muro de gaviones y talud. 3) Altura máxima de gaviones = 8 metros.

- El tamaño de las piedras debe ser de 15 a 30 cm y su densidad mínima 1,25 ton/m³, evitando material de contenido calcáreo.
- Los gaviones deben rellenarse de forma manual. Las piedras de menor tamaño se colocan en el centro, mientras que las más grandes junto a la malla, minimizando la cantidad de vacíos. Si durante el relleno las celdas pierden su forma, se deberá retirar el material relleno, reparar, reforzar y volverlo a colocar.
- Al apilar los gaviones se debe considerar el traslape entre celdas para dar mayor rigidez al muro. Para estructuras de retención, la altura máxima será de 8 metros y se deben considerar contrafuertes para proporcionarles anclajes en el suelo, detrás del muro. La longitud de estos contrafuertes deben ser del 60 % de la altura.
- El espacio existente entre el muro de gaviones y la superficie del talud debe completarse con material de relleno.

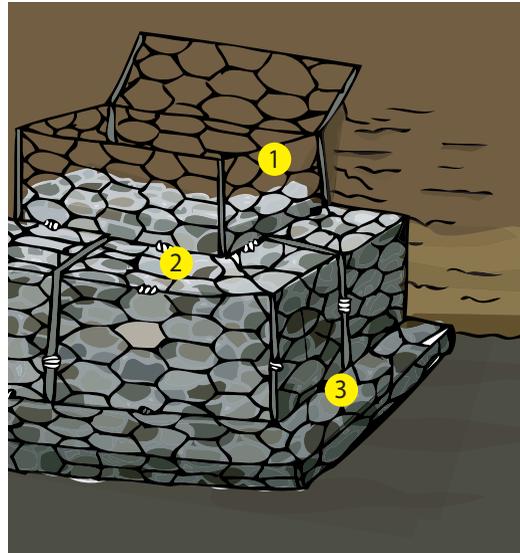


Figura 49
Celdas para muros de gaviones

1) Malla de alambre galvanizado, resistente a la intemperie, de orificios hexagonales. Celdas de 2 x 1 x 1 m. 2) Traslape en la instalación de gaviones. 3) Instalado sobre una base plana.

Trinchos

Los trinchos son muros construidos para reducir la velocidad del agua y provocar la sedimentación de sólidos. Se usan para el control de la erosión y la formación de cárcavas. Aunque pueden ser de cemento, gaviones, madera, el término *trinchos* se refiere generalmente a barreras vivas, compuestas por material vegetal que rebrota fácilmente.

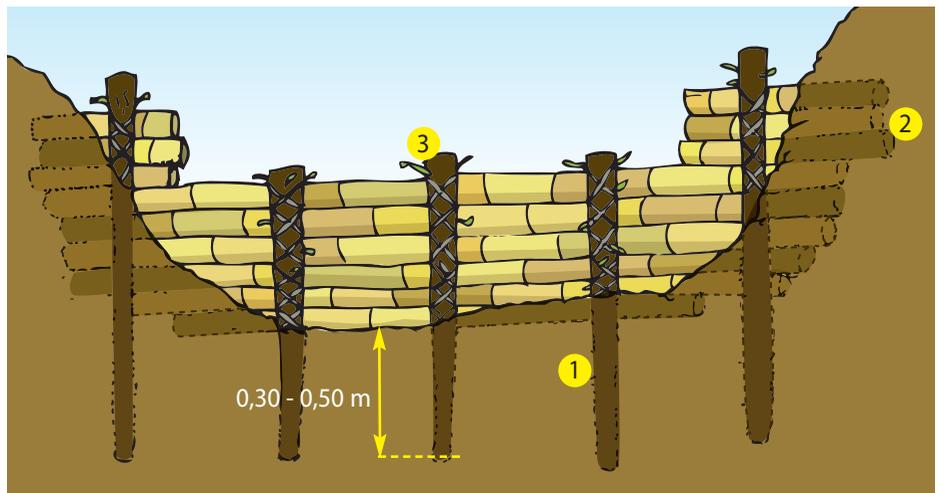


Figura 50
Implementación de trinchos o barreras vivas

1) Estacas verticales hincadas en el terreno. 2) Travesaños horizontales empotrados en el talud. 3) Vertedero para el paso de escorrentía superficial (profundidad mínima de enterramiento = 0,30 m).

- Construcción de trinchos para el control de cárcavas:
 - Instalar un entramado de troncos verticales y horizontales perpendiculares al cauce.
 - Utilizar estacas verticales de una especie vegetal joven y de rápido rebrote. Deben enterrarse en el fondo del cauce (0,30 a 0,50 m).
 - Los travesaños horizontales deben ser de guadúa o bambú. Deben ir empotrados en los taludes del cauce.
 - La altura del trincho no debe sobrepasar los 0,50 m por encima del cauce.
 - Para alturas mayores deberá cubrirse el cauce, aguas abajo, con emboquillado de piedra.
 - Debe tener un vertedero en la parte superior, cuya longitud debe ocupar casi todo el cauce (80 %). Las contracciones a cada lado deben elevarse entre 0,30 a 0,50 m del vertedero.
 - La distancia entre trinchos debe ser tal que la base del anterior coincida con el vertedero del siguiente.
- También puede ser construido para la retención y estabilización de taludes como soporte de terrazas de andenería o en combinación con muros de gaviones o concreto.

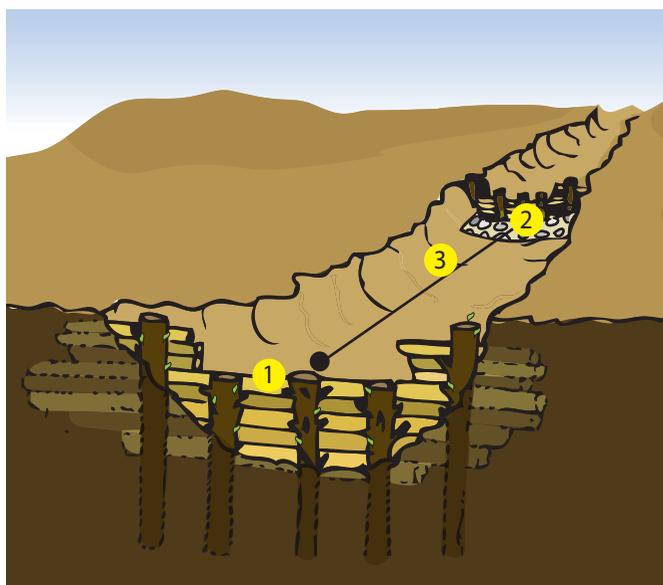


Figura 51
Distancia entre trinchos para el control de cárcavas

1) Vertedero. 2) Emboquillado de piedra. 3) El nivel del vertedero coincide con la base del anterior.



Resistencia del terreno

La resistencia del terreno es un factor determinante en la vulnerabilidad de los componentes de los sistemas de agua y saneamiento, sobre todo en estructuras civiles como reservorios, unidades de tratamiento, tanques sépticos y otras unidades de peso y volumen apreciable que puedan presentar problemas de asentamiento del terreno.

Para reducir estos riesgos y los daños en el componente es necesario identificar la resistencia del terreno y verificar que sea la que se requiere para soportar la estructura a construir. En el medio rural, se puede usar la siguiente tabla como referencia:

Tabla 3. Valores de resistencia de diversos tipos de terreno	
Tipo de terreno	Resistencia admisible (kg/cm ²)
Suelo fangoso	0,0
Arcilla blanda (plástica)	0,5
Arena	1,0
Arena y grava	1,5
Arena y grava cimentada con arcilla	2,0
Suelo duro (esquisto, pizarra, roca)	5,0

La tabla anterior se refiere a valores estimados para **suelos secos**. Si los suelos son húmedos, esta resistencia disminuye pudiendo generar problemas, como en el caso de arcillas expansivas. En todo caso, cuando la estructura es de mayor envergadura es necesario medir la resistencia in situ.